

ระบบไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานหมุนเวียน สำหรับหมู่บ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ในประเทศไทย นิพนธ์ เกตุจ้อย

Mini-Grid Application by Renewable Energy for Unelectrified Village in Thailand

Nipon Ketjoy

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

Solar Energy Research and Training Center, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand.

Corresponding author. E-mail address: ketjoy@yahoo.com (N. Ketjoy)

บทสรุป

บทความฉบับนี้นำเสนอแนวคิดในการจัดหาไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านที่ไม่มีไฟฟ้าในประเทศไทยโดยใช้พลังงานหมุนเวียน ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่เหล่านี้จะเป็นระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก (มินิกริด) ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าสายส่งแรงดันต่ำ จ่ายไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านหรือกลุ่มผู้ใช้ขนาดเล็ก ที่อยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง ระบบมินิกริดประกอบไปด้วยระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานหมุนเวียน (Hybrid power plant) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Grid line) ภาระทางไฟฟ้า (Loads) และระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System, EMS) ขนาดของระบบมินิกริดที่กล่าวถึงนี้จะแบ่งเป็นระบบ 1-phase มีขนาดไม่เกิน 10 กิโลวัตต์ และระบบ 3-phase มีขนาดไม่เกิน 30 กิโลวัตต์ ผู้ใช้ไฟฟ้าของระบบมินิกริดแบ่งได้เป็นสองกลุ่มใหญ่คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าแบบโดดเดี่ยว (Single user) และผู้ใช้ไฟฟ้าแบบหลากหลาย (Multi user) รูปแบบและลักษณะการทำงานของส่วนประกอบหลักในระบบ ข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีแบบต่างๆ ได้บรรยายไว้ในบทความนี้

Summary

This paper presents an ideal of mini-grid application by renewable energy for unelectrified village in Thailand. The power system which used in these areas is called mini-grid. This system provides electricity via low voltage line to the village or small community located far from the grid of Provincial Electricity Authority (PEA) or Metropolitan Electricity Authority (MEA). Mini-grid system consists of a renewable energy hybrid power plant, a low voltage grid line, loads and energy management system (EMS). The mini-grid power in this paper refers to 1-phase system with power below 10 kW and 3-phase system with power below 30 kW. The users of mini-grid are divided into single-user and multi-user. This paper describes type and operation of the main components, advantage and disadvantage of several technologies.

บทนำ

จากข้อมูลการขยายเขตให้บริการไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณ เดือนมิถุนายน 2545 พบว่าสามารถขยายการให้บริการไฟฟ้าครอบคลุมพื้นที่ 70,014 หมู่บ้าน หรือคิดเป็น 99 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวน 70,715 หมู่บ้านซึ่งเป็นพื้นที่รับผิดชอบทั้งหมดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จากจำนวน 701 หมู่บ้านที่ยังไม่มีไฟฟ้า 549 หมู่บ้านอยู่ในพื้นที่ป่าสงวน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและพื้นที่หวงห้าม ซึ่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไม่สามารถขยายเขตการให้บริการเข้าไปในพื้นที่เหล่านั้นได้ ส่วนหมู่บ้านที่เหลืออยู่ในพื้นที่ภูเขาสูงตามภาคเหนือของประเทศ ประชาชนที่อาศัยอยู่ส่วนใหญ่เป็นชาวเขา ลักษณะของหมู่บ้านอยู่แบบกระจัดกระจายตามหุบเขา ซึ่งไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หากทำการขยายเขตให้บริการแบบปกติ คือ การปักเสาพาดสายเข้าไปในพื้นที่เหล่านั้น (Kruangpradit *et al.*, 2002) ถือเป็นหน้าที่ของภาครัฐที่จะต้องจัดหาไฟฟ้าให้กับประชาชน

เหล่านี้ ตามรัฐธรรมนูญฉบับ พ.ศ. 2540 ได้ระบุไว้ว่า รัฐจะต้องจัดการด้านสาธารณูปโภคซึ่งรวมถึงไฟฟ้าให้กับประชาชนทุกคนอย่างเท่าเทียมกันทั้งในด้านคุณภาพ และราคา โดยที่ระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในการจ่ายไฟฟ้าให้แก่พื้นที่เหล่านี้ จะต้องเป็นระบบที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษและปัญหาสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากเซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

โครงการเกี่ยวกับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อผลิตไฟฟ้าให้กับประชาชนในพื้นที่ชนบทห่างไกลมีตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จอยู่ในหลายประเทศ ในบทความนี้จะขอยกตัวอย่างเฉพาะประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศแรก ได้แก่ อินโดนีเซีย มีการนำระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในการพัฒนาพื้นที่ชนบทในประเทศอินโดนีเซีย ในโครงการได้ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานหมุนเวียนในหมู่บ้าน Makki, Kabupaten และ Jayawigaya ซึ่งอยู่ในจังหวัด Irian Jaya โดยภาครัฐเป็นผู้ลงทุนในการติดตั้งระบบ (Thompson *et al.*, 1997) โครงการนี้มีประเด็นที่น่าสนใจ คือ มีการบริหารจัดการโครงการอย่างเป็นระบบ เพื่อมุ่งเน้นความยั่งยืนของระบบหลังการติดตั้งประชาชนในพื้นที่สามารถดูแล บริหารและจัดการระบบได้เอง มีการจัดฝึกอบรมช่างเทคนิคในระดับหมู่บ้าน จนสามารถซ่อมบำรุงระบบได้ มีการจัดเก็บค่าใช้ไฟฟ้าจากระบบเพื่อนำรายได้จากระบบไปใช้ในการดำเนินงานระบบ โดยมีการจัดตั้งคณะกรรมการขึ้นมาเพื่อที่จะทำหน้าที่ในการบริหารจัดการระบบ คณะกรรมการชุดนี้ประกอบไปด้วย ฝ่ายประสานงาน ฝ่ายบริหารซึ่งมีหน้าที่ในการตัดสินใจเรื่องต่างๆ ฝ่ายการเงินและการตลาดซึ่งมีหน้าที่ดูแลด้านการเงินและหาลูกค้า คณะกรรมการชุดนี้จะอยู่ภายใต้สภาเพื่อการพัฒนาหมู่บ้านเพื่อความยั่งยืน ซึ่งจะเป็นผู้ดูแลคณะกรรมการระดับหมู่บ้านของโครงการนี้ การเงินสำหรับโครงการพลังงานหมุนเวียนเป็นเรื่องที่สำคัญมาก โครงสร้างที่สำคัญมีอยู่ 3 ส่วนคือ เงินลงทุน อัตราค่าไฟฟ้าและค่าดำเนินการและค่าซ่อมบำรุง เงินลงทุนและอัตราค่าไฟฟ้ามีความเชื่อมโยงกันอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ เมื่อลงทุนในการติดตั้งระบบสูงก็จะต้องกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่สูงตามไปด้วย ซึ่งเป็นปัญหาในทางปฏิบัติของโครงการระบบไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่ดำเนินการอยู่ในประเทศกำลังพัฒนา เพราะประชาชนส่วนใหญ่ที่ใช้ระบบพลังงานหมุนเวียนเป็นกลุ่มที่มีความยากจนเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ไม่มีศักยภาพเพียงพอในการซื้อไฟฟ้าจากระบบพลังงานหมุนเวียนเนื่องจากยังเป็นเทคโนโลยีที่มีราคาสูงอยู่ ในบางพื้นที่สามารถจัดเก็บค่าไฟฟ้าได้ แต่มูลค่าที่จัดเก็บได้นั้นต่ำกว่าความเป็นจริง ไม่สอดคล้องกับมูลค่าการลงทุน ทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของระบบช้ามาก ปัญหานี้บางครั้งเกิดจากการบริหารระบบไม่เหมาะสม มีการผลิตไฟฟ้าออกมาจากระบบมากเกินไปจนความต้องการ (บางกรณีอาจหมายถึงการออกแบบระบบที่มีขนาดใหญ่เกินไป) ซึ่งวิธีการหนึ่งที่จะแก้ปัญหา คือ การบริหารระบบโดยการผลิตไฟฟ้าให้สอดคล้องกับความต้องการใช้ไฟฟ้า จะช่วยลดต้นทุนของการดำเนินงานระบบ มีผลทำให้รายได้ของระบบเพิ่มขึ้นด้วย ลดระยะเวลาการคืนทุนของระบบลง ในโครงการระบบไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนกลไกของรัฐบาลมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะมีส่วนผลักดันให้โครงการมีความสำเร็จและยั่งยืน มาตรการทางด้านภาษีเป็นสิ่งที่รัฐควรนำมาใช้ การให้การอุดหนุนทางภาษีหรือเงินอุดหนุนบ้างครั้งเป็นเรื่องที่รัฐควรกระทำ เพื่อช่วยเหลือทั้งประชาชนผู้ใช้ไฟฟ้าและภาคเอกชน ทั้งผู้ผลิตอุปกรณ์ ผู้ให้บริการ ฯลฯ โดยพยายามหลีกเลี่ยงการบิดเบือนราคาที่เกิดขึ้นในตลาด ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนในโครงการระบบไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

กรณีศึกษาของประเทศฟิลิปปินส์ ในปี ค.ศ. 1999 บริษัท Shell Renewables Philippines Incorporation (SRPI) และ US Community Power Corporation (CPC) โดยความร่วมมือกับหน่วยงานรัฐบาลท้องถิ่นของจังหวัด Aklan ได้จัดตั้งบริษัทที่ให้บริการทางด้านพลังงานนอกรูปแบบในพื้นที่ชนบทขึ้น 10 แห่ง ใช้ชื่อว่า Rural Energy Service Companies (RESCOs) ซึ่งถือว่าเป็นบริษัทเอกชนรายแรกที่ประกอบกิจการทางพาณิชย์เกี่ยวกับระบบพลังงานนอกรูปแบบ ตัวอย่างของระบบ ได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากเซลล์แสงอาทิตย์และก๊าซโพรเพน ซึ่งระบบประกอบไปด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 3.6 กิโลวัตต์ (แผงขนาด 75 วัตต์ จำนวน 48 แผง) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้ก๊าซหุงต้มขนาด 9 กิโลวัตต์

แบตเตอรี่ขนาดความจุ 50 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง (bi-directional inverter) และชุดควบคุมการทำงานของระบบ โครงการนี้เป็นการนำเทคโนโลยีมาใช้โดยมุ่งเน้นให้เกิดความยั่งยืนของระบบ ก่อให้เกิดการเริ่มต้นของแนวโน้มนโยบาย แนวความคิดใหม่ๆ และโอกาสทางธุรกิจ โครงการนี้ประสบความสำเร็จอย่างสูงเนื่องจากอาศัยกลไกการทำงานในรูปแบบของบริษัทเอกชน ลดบทบาทหน้าที่ของภาครัฐในเรื่องของการบริหารจัดการ สามารถจัดความเสี่ยงในเรื่องของการเงินและปัญหาทางเทคนิคออกจากผู้ใช้ไฟฟ้า โดยให้บริษัทเป็นผู้รับผิดชอบ ราคาค่าไฟฟ้าก็ปล่อยให้ไปตามกลไกตลาดโดยที่ภาครัฐไม่ได้เข้าไปกำหนดราคา (Jerome and Robert, 2000; APERC, 2001)

การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการส่งเสริมโดยหน่วยงานภาครัฐ อาทิเช่น กรมโยธาธิการ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน องค์การโทรศัพท์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นต้น จากการสำรวจพบว่า ปัจจุบันประเทศไทยมีกำลังไฟฟ้าติดตั้งของเซลล์แสงอาทิตย์รวมอยู่ประมาณ 5.2 เมกะวัตต์ (ชาย และชนานันท์, 2543) การประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ มีรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น มีการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานในพื้นที่จริงมากขึ้น ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศและผู้ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน (เพื่อความสะดวกต่อไปนี้จะขอเรียกระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานว่า “ระบบไฮบริด” และเรียกระบบไฟฟ้าขนาดเล็กกว่า “มินิกริด”) เป็นรูปแบบหนึ่งของการประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นระบบผลิตไฟฟ้าให้กับพื้นที่ชนบทห่างไกล หรือหมู่บ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ ทั้งนี้เนื่องจาก ระบบจ่ายไฟฟ้าหลักจะผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้เพียงพอ ระบบไฮบริดก็ยังมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล/เบนซิน/ก๊าซหุงต้ม เป็นระบบสำรองเพื่อช่วยในการจ่ายไฟฟ้า ทำให้ระบบมีเสถียรภาพสูงขึ้น ซึ่งในปัจจุบันได้เริ่มมีการติดตั้งระบบไฮบริดบ้างแล้วในประเทศไทย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

แนวคิดของระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก

ระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก (Mini-grid) ที่กล่าวถึงในบทความฉบับนี้หมายถึง ระบบไฟฟ้าสายส่งแรงดันต่ำที่จ่ายไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านหรือกลุ่มผู้ใช้ขนาดเล็ก ซึ่งอยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง โดยอาจมีระบบผลิตไฟฟ้า (Power plant) อยู่เพียงระบบเดียว หรือหลาย ๆ ระบบในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าจะเป็นระบบผสมผสาน (Hybrid system) ระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน และจากพลังงานอื่น ๆ ที่ไม่ใช่พลังงานหมุนเวียน ขนาดของระบบมินิกริดที่กล่าวถึงนี้จะแบ่งเป็นระบบ 1-phase มีขนาดไม่เกิน 10 กิโลวัตต์ และระบบ 3-phase มีขนาดไม่เกิน 30 กิโลวัตต์ (รูปที่ 1 และ 2) ส่วนลักษณะของภาระทางไฟฟ้า (ผู้ใช้ไฟฟ้าจากระบบ) ของระบบมินิกริดนั้นจะมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น การใช้เพื่อการเกษตร อุตสาหกรรมขนาดเล็กในชนบท สถานีบริการสำหรับชุมชน โรงพยาบาลชุมชน โรงเรียนในชุมชน และบ้านพักอาศัย เป็นต้น ซึ่งอาจแบ่งผู้ใช้ไฟฟ้าจากระบบได้เป็นกลุ่มดังรูปที่ 4 (Michel, 2002; Burger *et al.*, 2000)

การทำงานของระบบไฮบริด ตามรูปที่ 1 และ 2 อธิบายได้ดังนี้

1) ในเวลากลางวันเมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์หรือจากลมเพียงพอ เซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมก็จะผลิตไฟฟ้าออกมา ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับโดย Grid inverter และส่งเข้าสายส่งไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมเป็นไฟฟ้ากระแสสลับสามารถส่งเข้าสายส่งได้ทันที กรณีที่หากมีไฟฟ้าเหลือใช้จากระบบ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดย Battery inverter และประจุไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อใช้ในเวลากลางคืนหรือในเวลาที่ไม่มีความต้องการแสงอาทิตย์และไม่มีลม

2) ในเวลากลางคืนระบบไฮบริดจะจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ โดยใช้ไฟฟ้าที่ประจุอยู่ในแบตเตอรี่ และไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลม (ในกรณีที่ระบบนั้นติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม)

3) ในกรณีที่ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแหล่งพลังงานหมุนเวียนต่างๆ และพลังงานในแบตเตอรี่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลก็จะเดินเครื่องเพื่อผลิตไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ

การทำงานทั้งหมดที่กล่าวมานั้นถูกควบคุมโดยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งระบบควบคุมนี้สามารถสั่งคำสั่งต่างๆ ได้ดังนี้

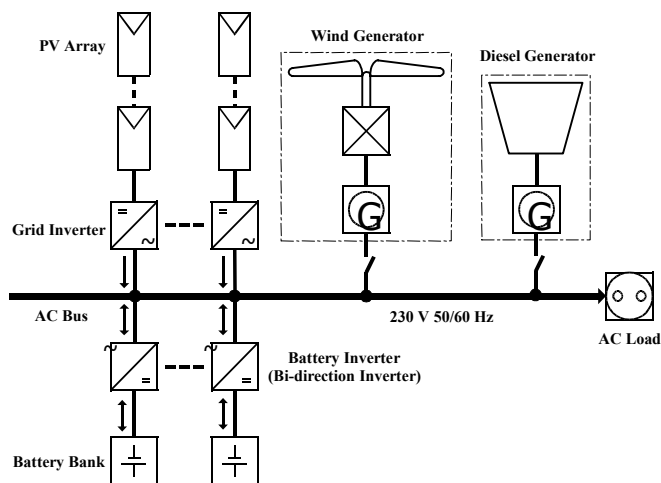
1) ตรวจสอบปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าของภาระทางไฟฟ้า และนำข้อมูลมาประมวลผล เพื่อสั่งการระบบผลิตไฟฟ้าให้ทำงานสอดคล้องกับความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลานั้นๆ

2) สามารถสั่งการให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลเดินเครื่องเพื่อผลิตไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ

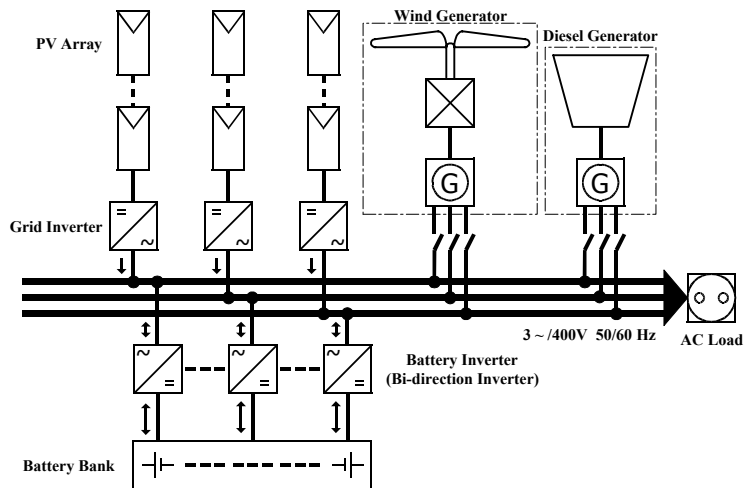
3) กรณีที่มีการผลิตไฟฟ้าออกมาเกินความต้องการและแบตเตอรี่ถูกประจุจนเต็มแล้ว ระบบควบคุมจะสั่งการให้ระบบผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ลดกำลังการผลิตลงให้เหมาะสมกับความต้องการในเวลานั้น

4) ควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ในสายส่งไฟฟ้าให้อยู่ในมาตรฐาน เนื่องจากในระบบมีการผลิตไฟฟ้าออกมาจากหลายแหล่งผลิต พารามิเตอร์นี้จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากในระบบไฮบริด

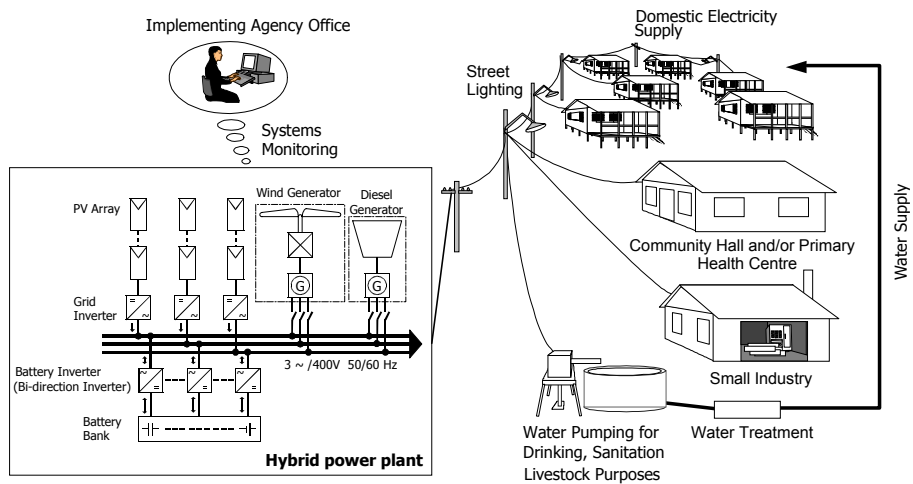
ระบบควบคุมนี้อาจเป็นระบบที่แยกออกมาอิสระ แต่ปัจจุบันได้มีการรวมระบบนี้เข้าไว้ในอินเวอร์เตอร์ ซึ่งอาจจะเรียกอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้ว่าเป็น Smart inverter ก็ได้ โดยการสื่อสารและสั่งคำสั่งต่างๆ ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า Powerline Communication เป็นหลักการเดียวกันกับระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ (SMA Regelsysteme GmbH, 2003)



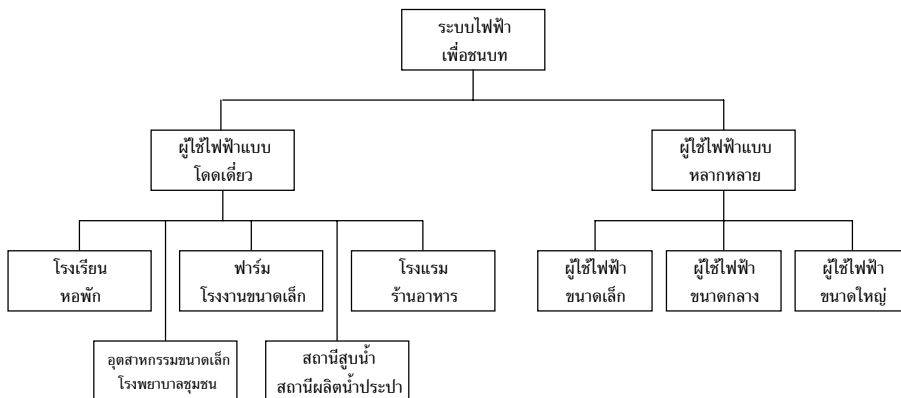
รูปที่ 1 ระบบไฟฟ้าขนาดเล็กแบบ 1-phase



รูปที่ 2 ระบบไฟฟ้าขนาดเล็กแบบ 3-phase



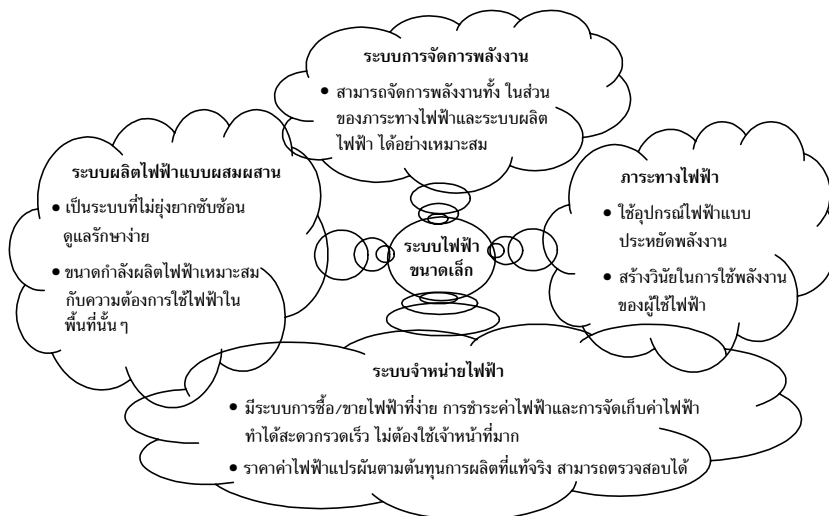
รูปที่ 3 มินิกริดสำหรับหมู่บ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้



รูปที่ 4 ตัวอย่างของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับพื้นที่ชนบททางไกล

รูปที่ 3 แสดงลักษณะของระบบมินิกริดซึ่งประกอบไปด้วย 1) ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน (Hybrid power plant) 2) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Distribution line or grid line) 3) ภาระทางไฟฟ้า (Loads) ซึ่งระบบโดยรวมจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพหากระบบย่อยทั้ง 3 มีขนาดที่เหมาะสม (Optimize) สำหรับแนวคิดของระบบสมัยใหม่นั้นจะเพิ่มส่วนประกอบของระบบขึ้นมาหนึ่งส่วนคือ 4) ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System, EMS) ระบบนี้จะเป็นตัวช่วยให้การทำงานโดยรวมของระบบมินิกริดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้พลังงานที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าได้อย่างเต็มที่ แนวคิดของระบบมินิกริดที่เหมาะสมควรมีลักษณะดังรูปที่ 5

สำหรับบทความฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะนำเสนอแนวคิดของการใช้ระบบมินิกริดในหมู่บ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ของประเทศไทยโดยจะมุ่งเน้นไปที่ ส่วนประกอบหลักของระบบทั้ง 4 ส่วนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น



รูปที่ 5 แนวคิดของระบบไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ชนบททางไกล

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

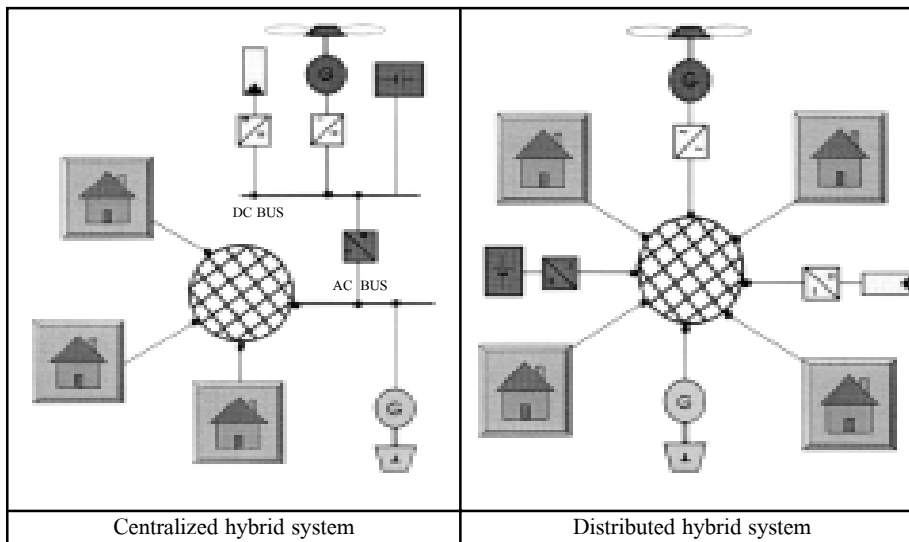
ในระบบมินิกริด แหล่งผลิตไฟฟ้าที่จะทำหน้าที่จ่ายไฟให้ระบบนั้นมีอยู่หลายเทคโนโลยี ซึ่งอาจแบ่งได้ดังนี้ (Michel, 2002)

- (a) Single generator without storage คือ การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล/เบนซิน เดินเครื่องเพื่อผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 3-4 ชั่วโมง/วัน ความมั่นคงและเสถียรภาพของระบบแบบนี้สามารถทำได้ง่ายโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 ตัว เดินเครื่องสลับกัน ข้อดีของระบบนี้คือเงินลงทุนระบบที่ต่ำ แต่ก็มีข้อเสียคือมีค่าบำรุงรักษาและค่าขนส่งเชื้อเพลิงสูง
- (b) Single generator with storage คือ ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซลกับแบตเตอรี่ระบบกักเก็บผลิตไฟฟ้ากับแบตเตอรี่หรือระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่ระบบนี้สามารถให้บริการไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง จากการประจุและคายประจุแบตเตอรี่อย่างเหมาะสม ในกรณีระบบพลังงานหมุนเวียนหากต้องการให้มีไฟฟ้าใช้อย่างเพียงพอต่อความต้องการสามารถทำได้โดยการเพิ่มขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าและขนาดความจุของแบตเตอรี่ ซึ่งหมายถึงเงินลงทุนระบบที่จะสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ระบบแบบนี้ก็มีข้อดีเนื่องจากมีค่าดำเนินการระบบที่ต่ำกว่าระบบ (a)
- (c) Hybrid plant คือ ระบบผลิตไฟฟ้าซึ่งประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่แตกต่างกันตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป แหล่งกำเนิดไฟฟ้าเหล่านี้อาจได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลมผลิตไฟฟ้า กังหันน้ำ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซล/เบนซิน ในกรณีนี้ระบบไฮบริดจะหมายถึงระบบผลิตไฟฟ้าซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตรวมไม่เกิน 30 กิโลวัตต์ โดยมีแหล่งพลังงานหลักมาจากพลังงานหมุนเวียนอย่างน้อยหนึ่งชนิด ในกรณีนี้หมายถึงแสงอาทิตย์ และมีแบตเตอรี่เป็นตัวเก็บสะสมพลังงาน ข้อดีของระบบไฮบริดคือ มีค่าดำเนินการระบบที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบ (a) เงินลงทุนระบบต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบ (b) ระบบมีความน่าเชื่อถือและความมั่นคงของระบบสูงขึ้น

ภายใต้กรอบของงานวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะระบบไฮบริดแบบ Modular Expandable Component ซึ่งมีอยู่สองลักษณะ คือ Centralized system และ Distributed system (Burger et al., 2000; Ketjoy et al., 2002) ในบทความนี้จะนำเสนอเฉพาะแบบ Distribute system ซึ่งจะใช้เป็นต้นแบบของงานวิจัย

รูปที่ 6 แสดงลักษณะของ Centralized system และ Distribute system ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในหมู่บ้าน ทั้งสองแบบมีข้อแตกต่างกันตรงที่แบบ Centralized จะมีโรงไฟฟ้าอยู่เพียงจุดเดียวหรือแห่งเดียวภายในหมู่บ้านทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าเข้าสายส่ง (Grid) ตัวโรงไฟฟ้าอาจประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าหลายชนิด เช่น จากเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานลม และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล แต่ในกรณีของ Distribute system จะมีโรงไฟฟ้าอยู่หลายแห่งภายในหมู่บ้านทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบสายส่งของหมู่บ้าน เช่นเดียวกันกับระบบไฟฟ้าของประเทศซึ่งมีหลายโรงไฟฟ้าทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบสายส่งของประเทศ

สำหรับในประเทศไทยแนวคิดของการใช้งานระบบไฮบริดมีความเหมาะสม และมีความเป็นไปได้สูง เนื่องจากมีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี (นิพนธ์, 2545) ซึ่งจนถึงปัจจุบันได้มีการติดตั้งเพื่อสาธิตการใช้งานระบบไฮบริดแล้วดังตารางที่ 1 (Sutharat, 1997; มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540) จากตารางจะเห็นได้ว่าการใช้งานระบบไฮบริดในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ มีเพียงบางระบบเท่านั้นที่เป็นระบบขนาดเล็กซึ่งกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมไม่เกิน 30 กิโลวัตต์ นอกจากนี้การใช้งานส่วนใหญ่ก็ยังมิใช่ระบบไฟฟ้าสำหรับหมู่บ้าน จะเป็นระบบไฟฟ้าสำหรับสำนักงานที่ทำการอุทยาน หรือศูนย์ให้บริการข้อมูลของอุทยานเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่ไม่ค่อยแปรผันนัก จัดอยู่ในกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าแบบโดดเดี่ยว (Single user) หากเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าแบบหลากหลาย (Multiple user) แล้วจะพบว่าลักษณะการใช้ไฟฟ้ามีความแตกต่างกันมาก ซึ่งจะขอกล่าวในหัวข้อภาระทางไฟฟ้า



รูปที่ 6 ระบบไฮบริดแบบ Centralized system และ Distribute system

การพิจารณาระบบไฮบริดที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยนั้นจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ติดตั้งว่ามีลักษณะทางภูมิประเทศอย่างไร ศักยภาพของแหล่งพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ และลักษณะการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่นั้น ข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบที่เหมาะสมเพื่อติดตั้งต่อไป

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

นอกจากระบบผลิตไฟฟ้าของมินิกริดแล้วสิ่งที่ควรพิจารณาต่อไปก็คือ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และการจัดเก็บค่าไฟฟ้า ระบบจำหน่ายของมินิกริดนั้นจะเป็นสายส่งแรงดันต่ำ ซึ่งจะมีทั้งแบบ 1-phase และ 3-phase ขึ้นอยู่กับระบบที่ติดตั้งในพื้นที่นั้นๆ การเลือกใช้ชนิดของสายไฟ ขนาด และความยาวที่เหมาะสมจะส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบมินิกริด รายละเอียดต่างๆ สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสือเรื่อง “Mini-Grid Design Manual” ของธนาคารโลก (World Bank, 2000)

เนื่องจากว่าแนวคิดของมินิกริดนั้นพื้นที่เป้าหมายคือพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ ที่ส่วนใหญ่อยู่ในชนบทหรือตามเกาะต่างๆ ซึ่งล้วนแล้วแต่ห่างไกล การคมนาคมไม่สะดวก ดังนั้นหากมีการติดตั้งมินิกริดในพื้นที่เหล่านั้นจริงแล้ว ปัญหาหนึ่งที่จะตามมาคือ การจัดเก็บค่าไฟฟ้า (ในบทความฉบับนี้ตั้งสมมุติฐานว่าผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่มีความสามารถในการชำระค่าไฟฟ้า) การเดินทางเพื่อเข้าไปจัดเก็บค่าไฟฟ้าอาจไม่คุ้มค่า เพราะบางจุดอาจมีผู้ใช้อยู่ไม่กี่ครัวเรือน บางจุดอาจเป็นผู้ใช้แบบโดดเดี่ยว ซึ่งหมายความว่าผู้ใช้แค่รายเดียว สำหรับระบบการจัดเก็บค่าไฟฟ้าของมินิกริดนั้น มีแนวคิดซึ่งตั้งอยู่บนสมมุติฐานต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สถานภาพของระบบไฮบริดในประเทศไทย

สถานที่ติดตั้งระบบ	วัตถุประสงค์การใช้งานและหน่วยงานที่รับผิดชอบ	รายละเอียดระบบ	หมายเหตุ
1. วังใหม่ จ. นครราชสีมา	- จ่ายไฟฟ้าให้กับหมู่บ้าน โรงเรียน สถานบริการสาธารณสุข และเพื่อการเกษตร - การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	- 90 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ - 81 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล - 7.2 กิโลวัตต์ เซลล์แสงอาทิตย์	- เริ่มเดินระบบเมื่อ พ.ศ. 2529
2. คลองข่อยลำ อ. วัฒนานคร จ. สระแก้ว	- เพื่อสาธิตการผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังขนาดเล็ก - การไฟฟ้าฝ่ายผลิต	- 20 กิโลวัตต์ เซลล์แสงอาทิตย์ - 20 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ	- จ่ายไฟฟ้าเข้าสายส่งเมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2531
3. แหลมพรหมเทพ จ. ภูเก็ต	- เพื่อสาธิตการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ - การไฟฟ้าฝ่ายผลิต	- 8 กิโลวัตต์ เซลล์แสงอาทิตย์ - 42 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม	- จ่ายไฟฟ้าเข้าสายส่งเมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2533
4. อ. ทะเอยีบ จ. ฉะเชิงเทรา	- เพื่อสาธิตการผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดจากเซลล์แสงอาทิตย์/ลม/พลังน้ำ/เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล - จ่ายไฟฟ้าให้กับสถานีวิจัยสัตว์ป่า - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	- 1.1 กิโลวัตต์ เซลล์แสงอาทิตย์ - 0.8 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม - 3 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล	- เซลล์แสงอาทิตย์/เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลเริ่มเดินระบบเมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2538 - เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมติดตั้งเมื่อต้น พ.ศ. 2539
5. เกาะกูด จ. ตราด	- จ่ายไฟฟ้าให้กับ 250 หลังคาเรือน - การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	- 12 กิโลวัตต์ เซลล์แสงอาทิตย์ - 2 x 56 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล	- เริ่มเดินระบบเมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2540
6. เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จ. อุทัยธานี	- จ่ายไฟฟ้าให้กับพื้นที่สำนักงานเขตรักษาสัตว์ป่าห้วยขาแข้ง - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	- 10.5 กิโลวัตต์ เซลล์แสงอาทิตย์ - 2 x 50 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล	- เริ่มเดินระบบเมื่อ พ.ศ. 2543
7. อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จ. เลย	- จ่ายไฟฟ้าให้กับศูนย์บริการนักท่องเที่ยว - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	- 10.5 กิโลวัตต์ เซลล์แสงอาทิตย์ - 4.5 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม - 2 x 50 kW กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล	- เริ่มเดินระบบเมื่อ พ.ศ. 2543
8. อุทยานแห่งชาติตะรุเตา จ. สตูล	- จ่ายไฟฟ้าให้กับบริเวณที่พักการอุทยาน - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	- 10.5 กิโลวัตต์ เซลล์แสงอาทิตย์ - 4.5 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม - 2 x 50 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล	- เริ่มเดินระบบเมื่อ พ.ศ. 2543
9. สวนพลังงาน ม. นเรศวร จ. พิษณุโลก	- จ่ายไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการสวนพลังงาน - ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์	- 2 กิโลวัตต์ เซลล์แสงอาทิตย์ - 5 kW กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล	- เริ่มเดินระบบเมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

• มินิกริดนั้นเป็นธุรกิจซึ่งสามารถดำเนินการได้ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน หน่วยงานการไฟฟ้าของรัฐบาลอาจเป็นผู้ติดตั้งมินิกริด และขายไฟฟ้าให้กับประชาชน หรือ อาจเป็นบริษัทเอกชนเป็นผู้ดำเนินการติดตั้งมินิกริดเพื่อขายไฟฟ้าให้กับประชาชนก็ได้ ในอนาคตรูปแบบของธุรกิจไฟฟ้าควรจะเปลี่ยนไป ไม่ควรผูกขาดโดยหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่ง ประชาชนทั่วไปควรจะสามารถผลิตไฟฟ้าใช้และขายเองได้หากมีเทคโนโลยีและเงินทุน โดยเฉพาะในกรณีของระบบมินิกริด ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าสาธารณะของส่วนรวม (Nation/Public grid) มินิกริดอาจลงทุนโดยเงินกองทุนหมู่บ้านและจัดเก็บค่าไฟฟ้าเข้าเงินกองทุน หรืออาจลงทุนโดยองค์กรบริหารส่วนตำบล (อปต.)

• เมื่อมีมินิกริดกระจายอยู่ไปทั่วพื้นที่ชนบทห่างไกลของประเทศไทย การจัดเก็บค่าไฟฟ้าควรจะปรับเปลี่ยนรูปแบบไปจากแบบเดิม การให้เจ้าหน้าที่ไปตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนแล้วกลับมาคำนวณค่าไฟฟ้า จากนั้นก็ส่งเจ้าหน้าที่ไปเก็บค่าไฟฟ้าอีกครั้ง วิธีการนี้ไม่เหมาะสมสำหรับมินิกริด สำหรับแนวคิดในการจัดเก็บค่าไฟฟ้าอาจใช้วิธี ติดตั้งมิเตอร์แบบใหม่ซึ่งเป็นมิเตอร์ที่ขายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้โดยตรง โดยการใช้ “Electricity card” (บัตรไฟฟ้า) ซึ่งมีลักษณะคล้ายบัตรโทรศัพท์กล่าวคือ จะระบุจำนวนเงินของค่าไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้ ผู้ใช้เพียงแต่สอดบัตรนี้เข้าไปที่มิเตอร์ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในบ้านก็จะสามารถใช้ไฟฟ้าได้ในจำนวนเท่ากับที่ระบุไว้ในบัตรนั้น เช่นบัตรไฟฟ้า 100 บาท ก็สามารถใช้ไฟฟ้าได้ 40 หน่วย (ถ้าในช่วงนั้นอัตราค่าไฟฟ้าเป็น 2.5 บาท/หน่วย) ถ้าใช้บัตรไฟฟ้าจนหมดก็ต้องเปลี่ยนบัตรใหม่หรือนำบัตรไปเติมเงินใหม่ คุณสมบัติของมิเตอร์นี้คือ

- ตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าและแสดงผลให้ผู้ชำระ
- สามารถแสดงราคาไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ให้ผู้ใช้ไฟฟ้าทราบได้ว่าในขณะนั้นไฟฟ้าที่ใช้มีราคาต่อหน่วยเท่าใด เพราะแนวคิดของมินิกริดนั้น ต้องการให้ราคาไฟฟ้าเป็นแบบที่แปรผันตามต้นทุนการผลิตที่แท้จริง ซึ่งเป็นการไม่เอาเปรียบผู้บริโภค
- แสดงจำนวนเงินที่เหลือของบัตรไฟฟ้าที่ใช้อยู่

โดยผู้ใช้ไฟฟ้าอาจหาซื้อบัตรไฟฟ้าหรือเติมบัตร ได้จากผู้ให้บริการมินิกริด หรือตามร้านค้าทั่วๆ ไป เหมือนกับบัตรโทรศัพท์ วิธีการนี้สามารถช่วยแก้ปัญหาในเรื่องการจัดเก็บค่าไฟฟ้าของมินิกริดได้

ระบบการจัดการพลังงาน

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นว่า EMS เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญมากของมินิกริด ระบบ EMS จะทำหน้าที่ทั้งจัดการพลังงานของระบบผลิตและจ่ายไฟฟ้า (Supply side management) และของภาระทางไฟฟ้า (Demand size management) ให้ทำงานสัมพันธ์กัน การจัดการด้านพลังงานของระบบมินิกริดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) สมดุลพลังงานของระบบไฮบริดสามารถอธิบายด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$E_{IN} \approx E_{OUT} \quad (1)$$

$$\text{เมื่อ } E_{IN} = E_{PV} + E_{MG} \quad (2)$$

$$E_{OUT} = E_{LOAD} + E_{LOSS} \quad (3)$$

$$E_{PV} = \text{พลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)}$$

$$E_{MG} = \text{พลังงานที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (kWh)}$$

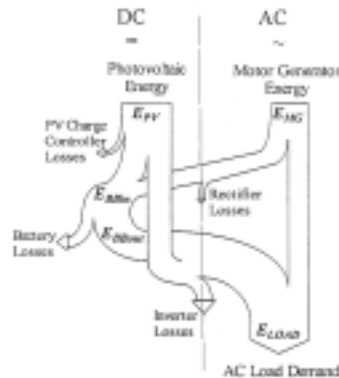
$$E_{LOAD} = \text{พลังงานที่จ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้า (kWh)}$$

$$E_{LOSS} = \text{พลังงานสูญเสียในระบบ (kWh)}$$

พลังงานที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถหาได้จาก

$$E_{MG} = E_{LOAD} + E_{LOSS} - E_{PV} \quad (4)$$

การจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ คือ การใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานเสริมให้น้อยที่สุด และพยายามใช้พลังงานที่ผลิตจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนให้ได้มากที่สุด การลดการสูญเสียพลังงานภายในระบบ และการจัดการกับพลังงานส่วนเกินที่ผลิตได้เกินความต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การทำงานของมอเตอร์ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องทำงานได้ใกล้เคียงกับจุดประสิทธิภาพสูงสุดของมอเตอร์ด้วยเพื่อให้การใช้เชื้อเพลิงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การลดการสูญเสียพลังงานในระบบก็เป็นสิ่งที่จะต้องได้รับการพิจารณาโดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง พลังงานที่ผลิตได้ควรถูกส่งให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยตรง เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียพลังงานจากอุปกรณ์แปลงรูปพลังงาน และระบบสะสมพลังงาน (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 การไหลของพลังงานในระบบไฮบริด

2) การควบคุมส่วนประกอบย่อยของระบบไฮบริด

- **แผงเซลล์แสงอาทิตย์** สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาคือ เซลล์แสงอาทิตย์จะต้องทำงานใกล้เคียงจุดทำงานสูงสุด (Maximum power point) และสามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานที่ผลิตได้อย่างเต็มที่ ตัวแปรที่ใช้ในการชี้วัดคือ “Performance ratio (P_R)” ซึ่งหาได้จาก

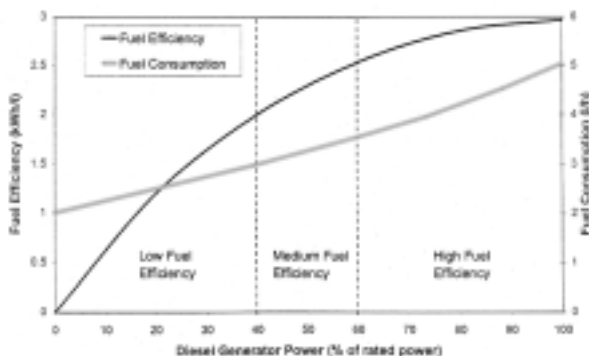
$$P_R = \frac{E_{PV,used} I_{STC}}{P_N G Q} \times 100\% \quad (5)$$

- เมื่อ $E_{PV,used}$ = พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)
 P_N = กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐาน (kW)
 G = ค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นโลก (kWh/m²)
 Q = Quality factor
 I_{STC} = ค่ารังสีดวงอาทิตย์ตามมาตรฐาน STC = 1 kW/m²

- **เครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล** สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาคือ จะต้องควบคุมการทำงานของระบบให้อยู่ในระดับไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ (ดูรูปที่ 8) และหลีกเลี่ยงการติดเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยไม่จำเป็นหรือบ่อยครั้ง นอกจากนั้นมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ควรจะต้องได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมด้วย

- **แบตเตอรี่** ในส่วนของระบบเก็บสะสมพลังงานนั้นจะต้องได้รับการจัดการและควบคุมดังนี้คือ
 - หลีกเลี่ยงการประจุแบตเตอรี่โดยใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูงเกินมาตรฐานที่ระบุไว้
 - ไม่ควรปล่อยให้แบตเตอรี่ถูกใช้งานหมดเป็นเวลานาน ๆ
 - ไม่ควรใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จนหมดเพราะจะทำให้อายุการใช้งานสั้น

- รักษาอุณหภูมิของแบตเตอรี่ไว้ไม่ให้มีอุณหภูมิสูงจนเกินไปจากมาตรฐานที่ระบุไว้
- รมัตรวงจรการประจุแบตเตอรี่ที่ผิดซ้ำ
- ตรวจสอบระดับของน้ำกลั่นในแบตเตอรี่ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามมาตรฐาน



รูปที่ 8 ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 15 kVA (Wichert, 2000)

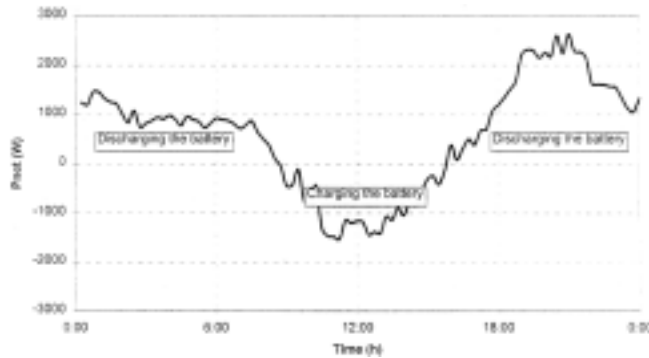
3) การจัดการพลังงานทางด้านระบบผลิตและจ่ายไฟฟ้า (Supply side management, SSM) สามารถอธิบายได้โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้ (Wichert, 2000)

$$\int_{t_1}^{t_2} |P_{NET} - P_{MG}| dt = \int_{t_1}^{t_2} |P_{LOAD} - P_{PV} - P_{MG}| dt = \int_{t_1}^{t_2} |P_{BB}| dt \rightarrow \text{minimum} \quad (6)$$

เมื่อ P_{NET}	=	ความต้องการไฟฟ้าสุทธิของภาระทางไฟฟ้า (kW)
P_{MG}	=	กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (kW)
P_{LOAD}	=	กำลังของภาระทางไฟฟ้า (kW)
P_{PV}	=	กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ (kW)
P_{BB}	=	กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้หรือที่ได้จากแบตเตอรี่ (kW)

ในการจัดการพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดมีหลักการว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลควรจะต้องมีตารางการทำงานที่ชัดเจน โดยพยายามหลีกเลี่ยงการทำงานในช่วงเวลาเดียวกันกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ และพยายามใช้พลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ให้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้พลังงานที่ต้องการจากแบตเตอรี่มีค่าต่ำที่สุดด้วย ดังสมการที่ 6

การใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในระบบไฮบริดจำเป็นต้องได้รับการจัดการที่เหมาะสมเช่นกัน จากรูปที่ 9 แสดงลักษณะการทำงานของแบตเตอรี่ในรอบ 24 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 16.00 – 9.00 นาฬิกา เป็นช่วงที่แบตเตอรี่จ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า และในช่วงเวลา 9.00 – 16.00 นาฬิกา จะเป็นช่วงที่แบตเตอรี่ได้รับการประจุ



รูปที่ 9 ลักษณะการทำงานของแบตเตอรี่ในรอบวัน

4) การจัดการพลังงานทางด้านการทางไฟฟ้า (Demand side management, DSM) วัตถุประสงค์ของการจัดการพลังงานของภาระทางไฟฟ้าของระบบไฮบริดคือ การที่ต้องการให้ภาระทางไฟฟ้าสามารถใช้พลังงานจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากที่สุดดังสมการที่ 7 (Wichert, 2000)

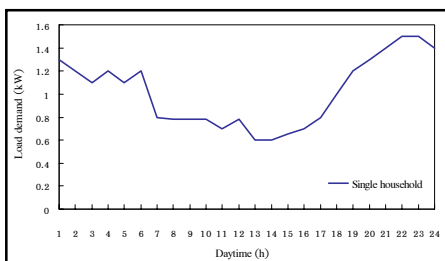
$$\int_{t_1}^{t_2} |P_{NET}| dt = \int_{t_1}^{t_2} |P_{LOAD} - P_{PV}| dt \rightarrow \text{minimum} \quad (7)$$

ภาระทางไฟฟ้า

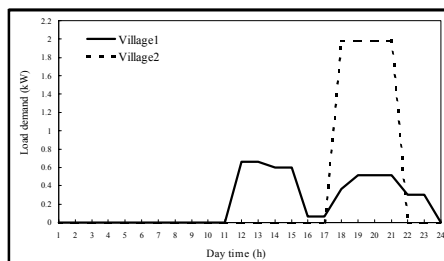
ภาระทางไฟฟ้าเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญมากตัวหนึ่งที่จะใช้ในการออกแบบระบบมินิกริด การที่จะทราบขนาดของมินิกริดที่เหมาะสมนั้นเราจะต้องทราบข้อมูลต่างๆ ดังนี้ คือ ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในพื้นที่นั้น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดวัน และอัตราการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ ข้อมูลเหล่านี้จะต้องได้รับการประเมินอย่างถูกต้อง หากการประเมินขั้นต้นนี้ผิดพลาดจะส่งผลต่อการออกแบบระบบที่ผิดพลาดด้วย ระบบอาจมีขนาดเล็กเกินไปทำให้จ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไม่เพียงพอ ผู้ใช้เกิดความไม่พอใจในระบบ ซึ่งส่งผลกระทบต่อธุรกิจ ในกรณีถ้าภาระระบบที่ออกแบบและติดตั้งมีขนาดใหญ่เกินไป ก็จะมีผลกระทบต่อเงินลงทุนในการก่อสร้างระบบ ทำให้ราคาค่าไฟฟ้าสูงขึ้นตามต้นทุนไปด้วย ซึ่งผู้ใช้อาจเลือกไม่ใช้ไฟฟ้าจากระบบที่ลงทุนไป

ลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่ควรได้รับการประเมิน จะแบ่งได้เป็น

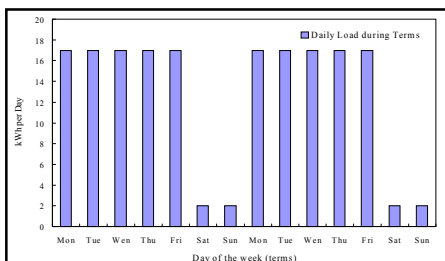
- 1) ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมง (Hourly variations)
- 2) ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายวัน (Daily variations)
- 3) ลักษณะการใช้ไฟฟ้าแต่ละฤดูกาล (Seasonal variations)
- 4) ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในระยะยาว (Long term development of the load)



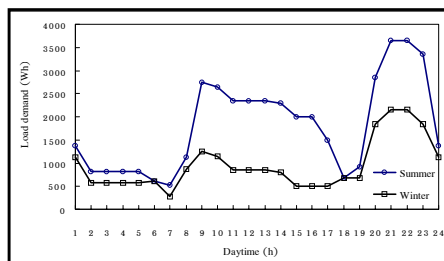
ก



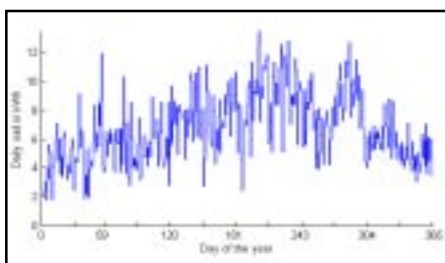
ข



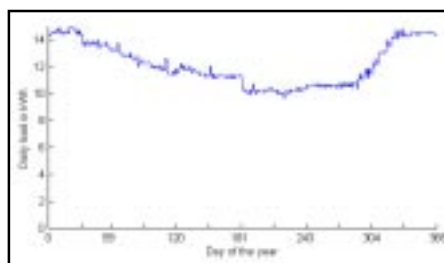
ค



ง



ค



ง

รูปที่ 10 ตัวอย่างลักษณะการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มผู้ใช้แบบ “Single user” และ “Multiple user”

- ก. ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของบ้านเดี่ยว (รุ่งกมล, 2541)
- ข. ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของหมู่บ้านขนาดเล็กในประเทศไทย
- ค. ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายวันของโรงเรียนในช่วงเทอมการศึกษา (Roedern, 1998)
- ง. ลักษณะการใช้ไฟฟ้าแต่ละฤดูกาลของบ้านพักรับรองสำหรับนักท่องเที่ยว (Shankar, 1999)
- จ. ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในระยะยาวของหมู่บ้านในชนบท (European Commission Joint Research Centre, 2001)
- ฉ. ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในระยะยาวของสถานีวิจัย (European Commission Joint Research Centre, 2001)

รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างของภาระทางไฟฟ้าลักษณะต่างๆ รูป ก. ข. และ จ. จัดอยู่ในกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าแบบหลากหลายมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่ค่อนข้างแปรผันมากตลอดปี (รูป จ.) เนื่องจากมีผู้ใช้หลายราย ส่วนรูป ค. ง. และ ฉ. จัดอยู่ในกลุ่มผู้ใช้แบบโดดเดี่ยวมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงน้อยเนื่องจากมีช่วงการใช้ที่แน่นอนตลอดปี

การทำนายปริมาณความต้องการไฟฟ้าและอัตราการใช้ไฟฟ้าโดยอัตโนมัติของความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่นั้นแตกต่างกัน เนื่องจากมินิกริดนั้นเป็นระบบที่รองรับความต้องการในระดับจุลภาคมีไม่มากนัก ฉะนั้นจะมีความหลากหลายของความต้องการไฟฟ้าที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับ ลักษณะชีวิตความเป็นอยู่ การประกอบอาชีพ รายได้เฉลี่ย ทัศนคติ ภูมิประเทศ และภูมิอากาศ เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่ส่งผลต่อ

พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น ความแตกต่างเหล่านี้จะต้องถูกศึกษาและประเมินอย่างถูกต้อง เพื่อที่สามารถใช้ข้อมูลนี้เป็นฐานในการทำนายความต้องการไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง

บทสรุป

บทความฉบับนี้นำเสนอแนวคิดในการจัดหาไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านที่ยังไม่มีไฟฟ้าในประเทศไทยโดยใช้พลังงานหมุนเวียน ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่เหล่านี้คือระบบมินิกริด ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าสายส่งแรงดันต่ำจ่ายไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านหรือกลุ่มผู้ใช้ขนาดเล็กที่อยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้าของรัฐ ระบบมินิกริดประกอบไปด้วย ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานหมุนเวียน (Hybrid power plant) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Grid line) ภาระทางไฟฟ้า (Loads) และระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System, EMS) ขนาดของระบบมินิกริดที่กล่าวถึงนี้จะแบ่งเป็นระบบ 1-phase มีขนาดไม่เกิน 10 กิโลวัตต์ และระบบ 3-phase มีขนาดไม่เกิน 30 กิโลวัตต์ ผู้ใช้ไฟฟ้าของระบบมินิกริดแบ่งได้เป็นสองกลุ่มใหญ่คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าแบบโดดเดี่ยว (Single user) และผู้ใช้ไฟฟ้าแบบหลากหลาย (Multi user)

ในอนาคตรูปแบบของระบบไฟฟ้าจะเปลี่ยนไป ไม่ใช่เฉพาะแค่เพียงประเทศไทยเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นทั่วโลก ทั้งนี้เนื่องมาจากสถานการณ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่บีบบังคับ มนุษย์ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่เคยยอมแพ้ธรรมชาติ จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของตนเองเพื่อปรับตัวเข้าสู่สิ่งแวดล้อมใหม่สำหรับประเทศไทยสถานการณ์ด้านพลังงานโดยเฉพาะไฟฟ้าจะรุนแรงมากในอีก 10 ปีข้างหน้า ทั้งนี้เพราะว่าปัจจุบันเราใช้ก๊าซธรรมชาติถึง 70 เปอร์เซนต์ในการผลิตไฟฟ้า (นิพนธ์, 2545) ในขณะที่ปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติของประเทศไทยที่มีอยู่สามารถใช้ได้อีกเพียง 20 ปี (BP, 2002) หากคิดจากอัตราการใช้พลังงานในปัจจุบัน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการใช้จะเพิ่มขึ้นประมาณ 6 เปอร์เซนต์/ปี ในช่วงปี 2545 - 2554 (สพช., 2542) ดังนั้นปริมาณสำรองที่มีอยู่จะหมดไปก่อน 20 ปีแน่นอน เว้นเสียแต่เราจะค้นพบแหล่งก๊าซแห่งใหม่ ซึ่งคงเป็นไปได้ยากเนื่องจากปัจจุบันได้ทำการสำรวจจนทุกพื้นที่ของประเทศแล้ว

การใช้พลังงานหมุนเวียนในการผลิตไฟฟ้าเพื่อชุมชนขนาดเล็กเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาระยะยาวที่ควรได้รับการศึกษา การเริ่มส่งเสริมระบบมินิกริดซึ่งถือเป็นระบบไฟฟ้าแบบเส้นเลือดฝอยไปตามพื้นที่ต่างๆ ของประเทศโดยเฉพาะในหมู่บ้านที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ จะส่งผลดีตามมาหลายอย่าง นอกจากจะทำให้ประชาชนในพื้นที่เหล่านั้นได้มีไฟฟ้าใช้แล้วยังส่งเสริมให้เกิดธุรกิจใหม่เป็นการกระจายรายได้ให้กับชุมชนโดยแท้จริง และเกิดการเผยแพร่เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าไปยังกลุ่มคนต่างๆ เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ขึ้นภายในประเทศ ซึ่งล้วนมีส่วนช่วยในการเพิ่มศักยภาพของประเทศ

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่องการศึกษาแนวทางการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับหมู่บ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ในประเทศไทย ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ชาย ชิวเกตุ, และชนานัญ บัวเขียว. 2543. การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์. *วารสารนโยบายพลังงาน*. ฉบับที่ 49 (กรกฎาคม - กันยายน). <http://www.eppo.go.th/vrs/VRS49-09-Solar.html>. Accessed January

11

นิพนธ์ เกตุจ้อย. 2545. เทคโนโลยีโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร*. ปีที่ 10. ฉบับที่ 2. (ก.ค. - ธ.ค.). หน้า 93-109.

- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2540. โครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด สำหรับอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า. ข้อเสนอแผนโครงการโดยละเอียดเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: หน้า 55.
- รุ่งกมล สีหวงศ์. 2541. ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในบ้านอยู่อาศัย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงานมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ: หน้า 207.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.). 2542. แนวทางการพัฒนาพลังงาน ปี 2542-2544 ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544): ส่วนที่ 2 สถานการณ์พลังงานในช่วงปี 2542 - 2554. 4 ตุลาคม. หน้า 37.
- British Petroleum (BP). 2002. Statistical Review of World Energy. June. England: pp. 20.
- Asia Pacific Energy Research Centre (APERC). 2001 Sustainable Electricity Supply Options for The APEC Region. March. pp. 111.
- Burger, B., Zacharias, P., Cramer, G. and Kleinkauf, W. 2000. Battery Inverter for Modularly-Structured PV Power Supply Systems. *Proceedings of the Photovoltaic Hybrid Power Systems Conference*. Aix en Provence, 7-9 September. pp. 4
- European Commission Joint Research Centre. 2001. Renewable energy unit. Available at: <http://iamest.jrc.it/projects/moni/index.htm>. Accessed January 11.
- Jerome, M. W. and Robert F. Lee. 2000. Wide-Spread Implementation of Renewable Energy Projects in APEC Member Economics: Road Maps for Success. Prepare for Asia-Pacific Economic Cooperation Energy Working Group Expert Group on New Renewable Energy Technologies. Alternative Energy Development, Inc., November. pp. 31-46.
- Ketjoy, N., Michel, V., Philipp, S., Sascha, B., Britta, B., Franz, K., Herve, C., Didier, M., Jens, M., Vallve, X., and Jurgen, R. 2002. "Hybrid Power Mini-Grid System for Rural Electrification", *Proceedings The International Conference on Village Power from Renewable Energy in Asia*, Phitsanulok, Thailand, 11-14 November. page 47-52.
- Kruangpradit, P., Jitnumrup, V. and Saengsrithorn, S. 2002. Feasibility Study on Renewable Energy Electrification in Remote Villages Project. The International Conference on Village Power from Renewable Energy in Asia. Phitsanulok, Thailand, 11-14 November. pp. 4
- Michel, V. 2002. Construction Kit Manual. A study report for the Mini-Grid kit project. European Commission DG XII. Project N^o NNE5-1990-00487. pp. 52.
- Roedern, C. 1998. The Case of Remote Area Power Systems operated in Namibia: Existing Applications and further Potential for PV Diesel Hybrid Systems; Categories for Load Profiles and Seasonal Variations. Internal Report. AVALANCHE project. JOULE program of the European Commission DGXII. Contract N^o JOR3 -CT98-0243. Kassel, Germany, October. pp. 60.
- Shankar, K. K. 1999. Renewable Energy Systems for Rural Electrification : Case Study of Nepal. Internal Report. AVALANCHE project. JOULE program of the European Commission DGXII. Contract N^o JOR3 -CT98-0243. Kassel, Germany, May
- SMA Regelsysteme GmbH. 2003. German. Solar Technology. Available at: http://www.sma.de/en/solartechnik/pv_systeme/konzept/index.htm. Accessed January 10.

- Sutharat, C. 1997. A Study on Renewable Energy Hybrid Systems in Thailand. Master of Science Thesis. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, pp. 89
- Thompson, G., Saupin M.G., and Butler K. 1997. Hybrid Renewable Energy Systems for Rural Development. Workshop on Appropriate Energy Technologies for Sustainable Rural Development. Jakarta, Indonesia, 7 October. pp. 12
- Wichert, B. 2000. Control of Photovoltaic-Diesel Hybrid Energy Systems. PhD Thesis. Curtin University of Technology. April.
- World Bank. 2000. Mini-Grid Design Manual Final Report. April. Available at: http://www.worldbank.org/html/fpd/energy/off_grid/mini-grid.htm. Accessed March 25.